

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-125275

(43)Date of publication of application : 17.05.1996

(51)Int.Cl.

H01S 3/18  
C30B 29/38  
H01L 21/205

(21)Application number : 06-253784

(71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 19.10.1994

(72)Inventor : KANO TAKASHI

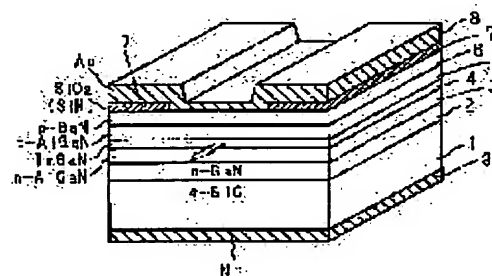
## (54) SEMICONDUCTOR DEVICE

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To easily obtain a cleavage surface, which has little lattice mismatching with a gallium nitride compound semiconductor epitaxial layer and is not formed with a wide roughness, by a method wherein the upper surface of an  $\alpha$ -SiC substrate or a slant face slanted at angles not exceeding a specified angle to this substrate is used as a crystal growth face.

**CONSTITUTION:** An n-type GaN layer 2, an n-type AlGaN clad layer 3, an InGaN active layer 4, a p-type AlGaN clad layer 5 and a p-type GaN layer 6 are laminated in order on the upper surface of an n-type  $\alpha$ -SiC substrate 1 or a slant face slanted at angles of 0 to 10° to this substrate 1 utilizing an MOCVD method.

Then, after striped insulating layers 7 and 7, which are used for constricting a current and consist of an SiO<sub>2</sub>, or an SiN, are formed on both sides of the layer 6 excluding its surface center part, an Au electrode 8 is formed extending over the surfaces of these layers 7 and 7 and the surface of the layer 6 exposed between these layers 7 and 7 and an Ni electrode 9 is formed on the lower surface of the substrate 1. A prescribed voltage is applied between the electrodes 8 and 9.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 10.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3443185

[Date of registration] 20.06.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-125275

(43) 公開日 平成8年(1996)5月17日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 S 3/18

C 3 0 B 29/38

H 0 1 L 21/205

D 7202-4G

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平6-253784

(22) 出願日

平成6年(1994)10月19日

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 狩野 隆司

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

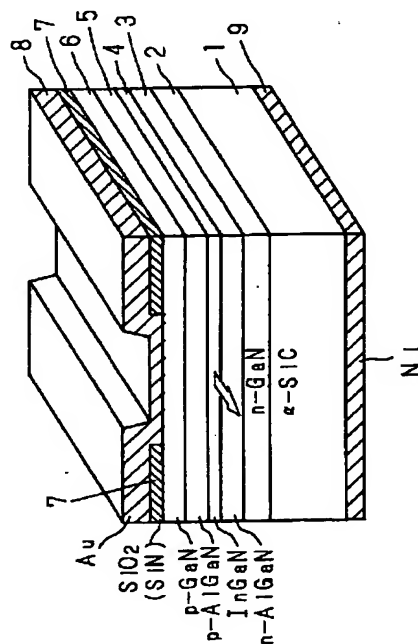
(74) 代理人 弁理士 河野 登夫

(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【要約】

【目的】 広く、滑らかな劈開面が容易に得られる基板を用いることで品質の安定、特性の向上を図る。

【構成】  $\alpha$  面の  $\alpha$ -SiC 基板 1 の表面に n 型の GaN 層 2 等の窒化ガリウム系化合物層をエピタキシャル成長させ、c 軸方向と直交する方向 (c 面) に沿って劈開する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】  $\alpha$ -SiC基板と、該 $\alpha$ -SiC基板のa面又はこれとなす角度が10度以内の傾斜面に形成した複数の窒化ガリウム系化合物半導体層とからなることを特徴とする半導体装置。

【請求項2】 前記 $\alpha$ -SiC基板は2H-SiC基板、4H-SiC基板、又は6H-SiC基板であることを特徴とする請求項1記載の半導体装置。

【請求項3】 前記a面は(11-20)面、又は(10-10)面である請求項1又は2記載の半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、基板として $\alpha$ -SiC基板を用いた半導体レーザ素子、LED等の半導体装置に関する。

【0002】

【従来の技術】最近、窒化ガリウム系化合物半導体からなる発光ダイオード(LED)又は半導体レーザなどの発光素子は、従来の発光素子に比べて青色光の発光が可能ことから活発に研究されている。かかる発光素子用の基板には、入手が容易であり、低価格であることから、一般にサファイヤ基板が用いられている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、サファイヤ基板は劈開によって正確で安定な分断が困難であるので、サファイヤ基板(ウエハ)上に複数の窒化ガリウム系化合物半導体層を形成した後、素子分離の際に一方方向への分断を劈開にて行った場合、歩留まりが悪くなるという問題があった。

【0004】特に、従来のAlGaAs系半導体レーザなどの光出射端面(ミラー面)には劈開面が用いられるが、上述のサファイヤ基板を用いた窒化ガリウム系半導体レーザでは劈開面がミラー面とならないので、エッチングなどによりミラー面を作製する必要があり、製造工程数が多くなるという問題があった。しかも、上記サファイヤ基板は絶縁性材料であるので、LED又は半導体レーザの一般的な構造を採用することができず、所謂ラテラル型などの複雑な構造になるといった問題もあった。

【0005】更には、サファイヤと窒化ガリウム系化合物半導体層の格子不整合が大きい(例えばサファイヤとGaN(窒化ガリウム)との格子不整合は16%程度)ため、発光素子の寿命が短い等の特性劣化を招いていた。また、上述のサファイヤ基板に替えて、GaN等との格子不整合が2.5%と小さく、且つ導電性の $\alpha$ -SiC基板のc面、又はこれに対して4度以下の傾斜面上にGaNを形成することが試みられている(特開昭60-26079号公報(C30B 29/40))。

【0006】しかしながら、上述のように $\alpha$ -SiC基板の上記c面、又はこれに対して4度以下の傾斜面等を

結晶成長面とした場合には、劈開によって素子分離、ミラー面の形成が困難であるといった問題があった。本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであって、高精度な劈開面が得られる構造を有する半導体装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】第1の発明は、 $\alpha$ -SiC基板と、該 $\alpha$ -SiC基板のa面(ここで、a面とはc面と垂直な面である)又はこれとなす角度が10度以内の傾斜面に形成した複数の窒化ガリウム系化合物半導体層とからなることを特徴とする。

【0008】第2の発明は、前記 $\alpha$ -SiC基板は2H-SiC基板、4H-SiC基板、又は6H-SiC基板であることを特徴とする。

【0009】第3の発明は、前記a面は(11-20)面、又は(10-10)面であることを特徴とする。

【0010】

【作用】第1の発明にあつては、結晶成長面として $\alpha$ -SiC基板のa面又はこれとなす角度が10°以内の傾斜面を用いることで、窒化ガリウム系化合物半導体エピタキシャル層との格子不整合が小さく、又c軸と垂直な方向に広く凹凸のない劈開面を容易に得ることが可能となる。

【0011】第2の発明にあつては、2H-SiC基板、4H-SiC基板、又は6H-SiC基板を用いることで、窒化ガリウム系化合物半導体エピタキシャル層との格子不整合をより低減し得、結晶性の向上が可能となる。

【0012】第3の発明にあつてはa面として(11-20)面、(10-10)面を用いることで窒化ガリウム系化合物の均一、且つ安定したエピタキシャル成長層が得られる。

【0013】

【実施例】以下本発明をその実施例を示す図面に基づいて詳述する。図1は本発明を半導体レーザ素子として構成した場合の模式図であり、図中1はn型の $\alpha$ -SiC基板を示している。n型の $\alpha$ -SiC基板のa面にMOCVD法(有機金属化学気相成長法)を利用して、層厚が2~4 $\mu$ mのn型のGaN層2、層厚が0.8~1 $\mu$ mのn型のAlGaNクラッド層3、層厚が300~600ÅのInGaN活性層4、層厚が0.8~1 $\mu$ mのp型のAlGaNクラッド層5、層厚が0.2~0.6 $\mu$ mのp型のGaN層6をこの順序に積層形成してある。

【0014】そしてこのp型のGaN層6の表面中央部を除く両側に電流狭窄のためストライプ状のSiO<sub>2</sub>、又SiNからなる絶縁層7、7を形成した後、この絶縁層7、7及びこの間に露出しているp型のGaN層6の表面にわたってAu電極9を形成し、また $\alpha$ -SiC基板1の下面にNi電極10を形成して構成されている。

このような半導体レーザ素子にあってはAu電極9、Ni電極10の間に所定の電圧を印加することで、矢印方向にレーザビームが出射されるようになっている。

【0015】図2は本発明をLEDとして構成した場合の模式図であり、図中11はn型の $\alpha$ -SiC基板を示している。 $\alpha$ -SiC基板11のa面上にMOCVD法を用いて厚さが2~4 $\mu$ mのn型のGa<sub>0.4</sub>N<sub>0.6</sub>層12、厚さが0.1~0.3 $\mu$ mのn型のAlGa<sub>0.3</sub>Nクラッド層13、厚さが300~600ÅのInGa<sub>0.5</sub>N活性層14、厚さが0.1~0.3 $\mu$ mのp型のAlGa<sub>0.3</sub>Nクラッド層15、厚さが0.2~0.6 $\mu$ mのp型のGa<sub>0.4</sub>N<sub>0.6</sub>層16をこの順序に積層形成すると共に、前記p型のGa<sub>0.4</sub>N<sub>0.6</sub>層16の上面中央部に円板状のAu電極17を、また $\alpha$ -SiC基板11の下面にNi電極18を夫々積層形成して構成されている。このようなLEDにあっては、Au電極17、Ni電極18に所定の電圧を印加することで矢印方向に光が出射されるようになっている。

【0016】図1、図2に示した半導体レーザ素子、LED夫々において、基板として用いられる $\alpha$ -SiCはa面のみに限らず、これと0~10°の角度で傾斜する傾斜面を結晶成長面として用いてもよい。このような $\alpha$ -SiC基板1のa面を結晶成長面として用いることで、c軸と直交する方向でのダイシング分離、劈開が可能となり、しかも広く凹凸のない平坦な、即ちc面が得られ、製造が容易で、特にレーザ素子に適用してその特

性向上に寄与するところが大きい。

【0017】 $\alpha$ -SiCには、具体的に示すと2H-SiC、4H-SiC、6H-SiC、15R-SiC等が属しているが、これらa面又はこれに対し0~10°の角度で傾斜する傾斜面は前述した如き窒化ガリウム系化合物半導体層との格子不整合が小さいことは勿論、c軸方向と垂直な方向への劈開により、広く凹凸のない劈開面が得られ、夫々基板として利用可能である。

【0018】このうち2H-SiC、4H-SiC、6H-SiCはGa<sub>0.4</sub>Nを含む窒化ガリウム系化合物半導体と同じ六方晶であることから、Ga<sub>0.4</sub>Nをエピタキシャル成長させる上でより望ましい。更にこのうちの2H-SiCはGa<sub>0.4</sub>Nと同じウルツァイト構造であることから、Ga<sub>0.4</sub>Nのエピタキシャル成長層の結晶性向上の面から基板として最も望ましいといえる。また、 $\alpha$ -SiCのa面には複数の等価面が存在するが、このうちa面の一つである(11-20)面、又は(10-10)面は他の面と比較してその入手の容易性、製造工程上における加工作業性において優れている。

【0019】表1に $\alpha$ -SiC、InN、AlN、サファイヤ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)等基板材料の特性、即ち半導体材料の特性として重要なバンドギャップ、線熱膨張係数、格子定数、及び格子不整合について示す。

【0020】

【表1】

表 1

	$\beta$ -SiC	$\alpha$ -SiC				GaN	InN	AlN	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	3C	6H	4H	15R	2H				
①バンドギャップ: E <sub>g</sub> (eV)	2.3	2.9	3.2	2.9	3.3	3.4	2.1	6.2	—
②線熱膨張係数 (10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> )	4.2 ~ 5.4					5.59	~3.0	4.2	7.3 ~ 7.5
③格子定数: a (Å) : c	4.36	3.08 15.12	3.08 10.05	12.67 37.30	3.08 5.05	3.16 5.13	3.54 5.70	3.11 4.98	4.76
④格子不整合 [%]	—	2.6	2.6	—	2.6	0	10.9	2.4	16

【0021】表1から明らかなようにGa<sub>0.4</sub>Nの線熱膨張係数が5.59 [10<sup>-6</sup>K<sup>-1</sup>] に対してサファイヤの線熱膨張係数は7.3~7.5 [10<sup>-6</sup>K<sup>-1</sup>]、 $\alpha$ -SiCのそれは4.2~5.4 [10<sup>-6</sup>K<sup>-1</sup>] である。従ってサファイヤとGa<sub>0.4</sub>Nとの線熱膨張係数差は1.71~1.91 [10<sup>-6</sup>K<sup>-1</sup>]、 $\alpha$ -SiCのそれは0.19~1.39 [10<sup>-6</sup>K<sup>-1</sup>] であり、サファイヤに比べて $\alpha$ -SiCの方がGa<sub>0.4</sub>Nとの線熱膨張係数の差が小さい。

【0022】また、同様にしてInN、AlNにおいてもサファイヤに比べて $\alpha$ -SiCの方が線熱膨張係数の差が小さい。従って線熱膨張係数の差から見て、Ga<sub>0.4</sub>N、InGa<sub>0.5</sub>N、AlGa<sub>0.3</sub>N等の少なくともGa及びNを有する窒化ガリウム系化合物半導体の結晶成長におい

てサファイヤに比べ、線熱膨張係数差の小さい $\alpha$ -SiCを基板に用いる方が、温度、変化に対して安定した結晶成長層が得られることが解る。

【0023】また表1より明らかな如くサファイヤ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)のGa<sub>0.4</sub>Nとの格子不整合が16%に対して $\alpha$ -SiCのGa<sub>0.4</sub>Nとの格子不整合が2.6%とサファイヤの約5分の1と格段に小さい。またサファイヤとInNとの格子定数差が1.22Åに対して $\alpha$ -SiCとInNとの格子定数差が0.46Å、一方サファイヤとAlNとの格子定数差が1.65Åであるのに対して $\alpha$ -SiCとAlNとの格子定数差が0.03Åであり、InN、AlNの何れもサファイヤに比べ $\alpha$ -SiCの方が格子整合性がある。よってGa<sub>0.4</sub>N、InGa<sub>0.5</sub>N、AlGa<sub>0.3</sub>N等の少なくともGa及びNを有する窒化ガリウム

系化合物半導体の結晶成長において、サファイヤよりも $\alpha$ -SiCを基板に用いる方が、格子不整合が原因となる窒化ガリウム系化合物半導体の欠陥が減少する。

【0024】一般にGa<sub>2</sub>N層のMOCVD法による結晶成長は、例えば約800℃～1000℃で行われ、また発光素子としては室温付近で使用される。従って約800℃～約1000℃付近で成長したGa<sub>2</sub>N層、AlGa<sub>2</sub>N層、InGa<sub>2</sub>N層は約800℃～1000℃付近では基板に何のストレスもなく成長していると考えられるが、成長が終了して温度が約800℃～1000℃から室温にまで低下すると、基板とGa<sub>2</sub>N層との線熱膨張係数差が大きい場合には基板とGa<sub>2</sub>N層とに熱による伸縮差が生じることとなり、Ga<sub>2</sub>N層に伸縮差によるストレスが生じ、このストレスはGa<sub>2</sub>N層のクラック（割れ）、その他の欠陥の原因となることから線熱膨張係数の差が小さいことは基板材料として極めて重要な意味を持っている。

【0025】図3はウルツァイト、4H-SiC、6H-SiC夫々の原子配列図、図4はウルツァイトにおける(11-20)面を示す説明図であり、縦軸、横軸のA、B、Cは六方晶層を、また●印はヘキサゴナル サイト（Hexagonal site）を、また○印はキュービック サイト（Cubic site）を夫々示している。

【0026】図3（a）の原子配列図は、図4にハッチングを付して示した(11-20)面を平面的に示したものである。図3（a）に示す如くGa<sub>2</sub>N、AlGa<sub>2</sub>N及びInGa<sub>2</sub>Nが有するウルツァイト構造の場合、a面の一つである(11-20)面ではA層、B層の各層のいずれもがヘキサゴナル サイトを有しているが、2H-SiC、Ga<sub>2</sub>Nの場合、これと同じヘキサゴナル サイトが存在しており、ウルツァイトのa面と同じ構造である2H-SiCのa面の一つである(11-20)面上にGa<sub>2</sub>Nの成長が可能である。またc軸方向と直交する方向に対する劈開により凹凸のないきれいな広い劈開面が得られることも解る。このことから2H-SiCはGa<sub>2</sub>Nと同じくウルツァイトであり、Ga<sub>2</sub>Nのエピタキシャル成長層の結晶性向上に特に有効である。

【0027】一方これに対して図3（b）に示す4H-SiC、図3（c）に示す6H-SiCの場合は同じa面の一つである(11-20)面では、4H-SiCにあつてはB層がキュービック サイトであり、また6H-SiCにあつてはB層、C層がキュービック サイトとなっており、a面上に対する窒化ガリウム系化合物半導体層の成長に際して、図3（a）に示す2H-SiCと比較すればGa<sub>2</sub>Nの結晶成長性に若干の難点はあるが、他のサファイヤ基板等に比較すれば格段に良好な結晶性を有しているということが出来る。またc軸方向と直交する方向、即ちc面方向への劈開で同様にきれいな劈開面が得られることも解る。

【0028】なお上述の実施例においてはa面の $\alpha$ -SiC基板に窒化ガリウム系化合物半導体層として、Ga<sub>2</sub>N、In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N、Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N等の少なくともGaとNを含む窒化ガリウム系半導体を用いた各LED、半導体レーザについて説明したが、これら実施例に限らず、窒化ガリウム系半導体を用いたLED、半導体レーザが実現できる。また、上述の実施例ではn型の $\alpha$ -SiC基板に用いたが、p型の $\alpha$ -SiC基板を用いてもよく、この場合各導電層の導電型を逆にすればよい。

【0029】例えば、実施例においては、n型のGa<sub>2</sub>N層、n型のAlGa<sub>2</sub>Nクラッド層、InGa<sub>2</sub>N活性層、p型のAlGa<sub>2</sub>Nクラッド層 p型のGa<sub>2</sub>N層のダブルヘテロ構造について示したが、これに限らずn型のGa<sub>2</sub>Nとp型のGa<sub>2</sub>NのPN接合からなるLED、n型のGa<sub>2</sub>Nクラッド層、InGa<sub>2</sub>N活性層、p型のGa<sub>2</sub>Nクラッド層のダブルヘテロ構造、n型のAlGa<sub>2</sub>Nクラッド層、InGa<sub>2</sub>N活性層、p型のAlGa<sub>2</sub>Nクラッド層のダブルヘテロ構造、n型のAlGa<sub>2</sub>Nクラッド層、Ga<sub>2</sub>N活性層、p型のAlGa<sub>2</sub>Nクラッド層のダブルヘテロ構造等と少なくともGaとNを有する窒化ガリウム系化合物半導体層との組み合わせによる積層構造の半導体レーザ素子、LED等の半導体装置も本発明の実施例中に含むものである。更には、活性層は窒化ガリウム系半導体からなる量子井戸構造にしてもよい。

【0030】このような実施例にあつては、 $\alpha$ -SiC基板のa面、又はa面と0～10度の範囲内で傾斜した面を用いることで基板材料の入手が容易で、しかもその表面に形成すべき窒化ガリウム系化合物の結晶性もよく、加えてc軸方向と直交するc面に沿って劈開することで凹凸のないきれいな劈開面が得られ、半導体レーザ素子用基板、LED用基板として適用して格段にその特性の向上を図れる。

【0031】

【発明の効果】以上の如く第1の発明にあつてはa面又はこれと0～10°の角度で傾斜する $\alpha$ -SiC基板を用いることで材料としての入手が容易となることは勿論、その表面に形成する窒化ガリウム系化合物の結晶性が向上し、基板材料の加工を行なう上での作業も容易となり、また成品自体も安定し、品質の向上を図れる。

【0032】第2の発明にあつては2H-SiC、4H-SiC又は6H-SiCを用いることで、Ga<sub>2</sub>Nとの格子不整合が小さく、その表面に形成すべき窒化ガリウム系化合物の結晶性が向上し、また2H-SiC、4H-SiC又は6H-SiCのいずれについても凹凸のないきれいな劈開面が得られる。

【0033】第3の発明にあつてはa面として(11-20)面、又は(10-10)面を用いることで、窒化ガリウム系化合物の結晶性が格段に向上し、また劈開により凹凸のない広い劈開面を一層容易に得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1の構成を示す半導体レーザ素子の模式図である。

【図2】実施例2の構成を示す半導体レーザ素子の模式図である。

【図3】 $\alpha$ -SiCを構成する2H-SiC, 4H-SiC, 6H-SiC夫々の原子配列図である。

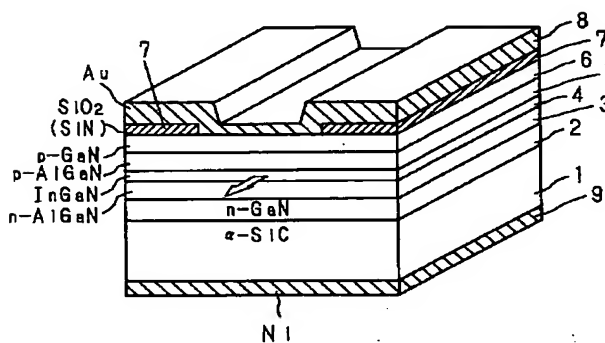
【図4】ウルツァイトにおける(11-20)面を示す模式図である。

【符号の説明】

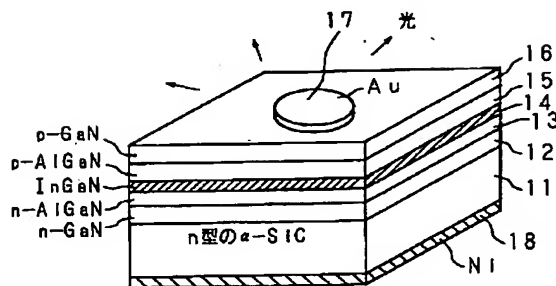
- 1 n型の $\alpha$ -SiC基板
- 2 n型のGaN層
- 3 n型のAlGaNクラッド層
- 4 InGaN活性層

- 5 p型のAlGaNクラッド層
- 6 p型のGaN層
- 7 絶縁層
- 9 Au電極
- 10 Ni電極
- 11 a面の $\alpha$ -SiC基板
- 12 n型のGaN層
- 13 n型のAlGaNクラッド層
- 14 InGaN活性層
- 15 p型のAlGaNクラッド層
- 16 p型のGaN層
- 17 Au電極
- 18 Ni電極

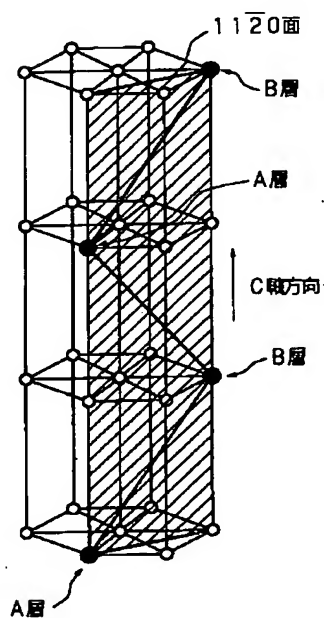
【図1】



【図2】



【図4】



【图 3】

